

OPTICAL DEFLECTOR

Patent number: JP57008520

Publication date: 1982-01-16

Inventor: KAATO EDOWAADO PIITAASEN

Applicant: IBM

Classification:

- **international:** G02B26/08; G02B26/10; G03F7/20; G09F9/37;
G02B26/08; G02B26/10; G03F7/20; G09F9/37; (IPC1-7): G02B27/17

- **European:** G02B26/08; G02B26/10; G03F7/20T16; G09F9/37E

Application number: JP19810050676 19810406

Priority number(s): US19800150839 19800519

Also published as:

- EP0040302 (A2)
- US4317611 (A1)
- EP0040302 (A3)
- EP0040302 (B1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for JP57008520

Abstract of corresponding document: **US4317611**

Torsional type optical ray deflection apparatus essentially comprises a pair of etched plates, one of which is single crystal semiconductor material such as silicon, and the other is a suitable insulating material such as glass. The semiconductor plate is etched to form an elongated bar of the material having a wider central portion which forms a reflecting surface armature of suitable area suspended internally of the rectangular frame formed by the remainder of the semiconductor plate. The insulating plate is etched to leave an annuloidal depression centrally of the plate. An elongated land in the center of the insulating plate underlies the reflecting surface area and the torsion bars in order to support the torsion bar-reflector structure in the direction normal to the longitudinal axis while allowing rotation about that axis. Planar electrodes are laid down in the bottom of the depression in the insulating plate for exerting an electrostatic force between one of the electrodes and the semiconductor armature, thereby causing angular displacement about the longitudinal axis of the torsion bars which will deflect rays of light incident to the reflecting surface portion.

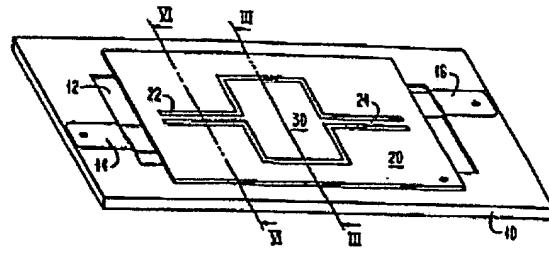


FIG. 1

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開
⑪ 公開特許公報 (A) 昭57-8520

⑤Int. Cl.³
G 02 B 27/17

識別記号 庁内整理番号
7348-2H

⑬公開 昭和57年(1982)1月16日

発明の数 1
審査請求 有

(全 7 頁)

④光偏向装置

①特 願 昭56-50676
②出 願 昭56(1981)4月6日
優先権主張 ②1980年5月19日③米国(US)
③150839
④發明者 カート・エドワード・ピーター
セン
アメリカ合衆国カリフォルニア

州サン・ホセ・ソロモン・コー
ト6244番地

⑤出 願人 インターナショナル・ビジネス
・マシーンズ・コーポレーション
アメリカ合衆国10504ニューヨ
ーク州アーモンク(番地なし)
⑥代 理 人 弁理士 岡田次生 外1名

明細書

1. 発明の名称 光偏向装置

2. 特許請求の範囲

(1) 基板部材と、

該基板部材上に整列して設けられた、上記基部
に関してねじれ運動を呈するねじれバー部であつ
て、光学的反射表面を画成する領域を有するもの
と、

上記基板部材上に整列して配置された電極であ
つて、上記ねじれバー部に隣接した電界を発生し、
上記反射表面の偏向運動を生ぜしめる構成され
てなるものと、

より成る事を特徴とする光偏向装置。

(2) 上記ねじれバー部がねじれバー・プレート部
の一体的な一部分であつて、上記反射表面領域が
上記ねじれバー部の延長上の中間に配置された部
分であつて、上記ねじれバー部と一体となつた部
分から成る事を特徴とする特許請求の範囲第(1)項
記載の光偏向装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は光偏向装置に係り、更に具体的には本
発明はねじれバー活性化手段を有し、相対的に少
数の容易に製造し得る部品から成る光偏向装置に
係る。

本発明に従つて、以下において明らかにされる
本発明の目的は一对のエッティングされたプレート
部材から成る簡単なねじれを用いたタイプの光偏
向装置において達成される。なお、その一对の部
材の一方はシリコン等の単結晶半導体材料から成
ることが好ましく、そして他方の部材はガラス(シリ
コンでもよい)のような適当な絶縁材からな
ることが好ましい。

その半導体プレート部材は適当な面積を有する
反射表面回転子を形成する中央の広い部分を有す
る長いバーを形成するようにエッティングされる。
そしてその光偏向装置は全体は半導体プレート部
材の残部によつて形成される矩形の枠部の内側に
おいてつり下げられた状態にある。絶縁プレート
部材はそのプレート部材の中央において矩形状の

現状凹所を残すようにエッチングされる。このほり状の凹所は、半導体プレートの反射表面領域の下に配置され、半導体プレート部材のねじれバー部と整列されるべき絶縁プレート部材の中央部における長い領域の周りに配列される。その長い領域はねじれバー部の長手軸に垂直な方向にねじれバー反射構造体を支持し、しかも限られた角度ではあるが所望の角度にわたってその軸まわりの回転を可能にする。

一对の平坦な電極部材が長い領域の側部において絶縁プレート部材における凹所の底部に配置される。それらの電極部材は電極部材の一方と半導体回転子部材の間に静電力を加え、ねじれバー部の長手軸まわりの角度変位を生ぜしめ、反射表面部が移動するにつれてその表面へ入射される光線を偏向させる。半導体プレート部材に対する連結によつて回転子を接地させ、そして両方の電極に對して電位を差動的に印加することによつて助長された動作を行なわせることができる。

更に本発明に従つて、全偏向角を増大するため

しくは16の一方のねじれバー部22、24の長手軸まわりの回転子部30の回転を行なわせる相対的に高い電位が印加される。当業者にとつてはより大きな効果を得るためにその接地電位付近において2つの導電性素子を差動的に励起させる回路は容易に想到されるところである。

第2図は組立前の装置の図を示す。シリコンプレート20は絶縁プレート10の上に重ねられるが、離された状態で示されている。凹所12はその中央部に島状部32が残された状態の環状を呈している。本明細書に用いられる環状という語は環状の断面を有する管状の形態に類似したほり状の体積の矩形形態を示す。单一の島状部でも動作し得るが、図示されるような空気を流通させうる島状部が好ましい。その理由は回転子部30の振動によつて空気がポンピングされる場合に空気をより自由に移動させるためである。島状部32は回転子部30の下方に配置され、ねじれバー部22、24と配列される。島状部32はねじれバー部における応力を、絶縁プレート10の方向にお

け2個乃至はそれ以上の光偏向装置が並列に配置される。その様な光偏向装置を2個、同一面上に配置し、その後に長手軸を垂直に交わるようにすることによつて、XY走査装置を与えることができる。

本発明に従う光偏向装置の一実施例が第1図に示されている。絶縁材より成る基板10が部分的にエッチングされ、以下において詳しく説明される環状凹所12が形成される。一对の導電性素子14、16が以下において詳しく説明されるように凹所12の底部に配置される。シリコンで形成されることが好ましい半導体プレート部材20が、通常のフォトリソグラフ工程によつて一体的に形成される一对のねじれバー部22、24並びに反射回転子部分30を残すように完全に貫通した状態にエッチングされる。光反射率をより高めるために部分30上に高度に反射性の材料が付着されることが好ましい。その材料は偏向されるべき光線の特性に従つて選択される。シリコン・プレート20は接地電位に維持され、導電性素子14も

ける曲げモーメントが実質的に小さいか或いは全くない状態でねじれモーメントに制限する働きをする。更に導電性素子14、16が回転子の相対的に大きな部分である反射部30の下方に配置されよつて相対的に大きな静電力が印加されることを理解することができる。第1図の3-3に沿う断面図が第3図に示されている。図示されるようにシリコン・プレート20は接地レベルに維持され、導電性素子16は回転子をひきつけ、且つねじれバー部(この図には示されない)が受けるねじれモーメントに對して島状部32の上端まわりにそれを回転させるのに有効な300ボルトのオーダーの相対的に高い電位に維持される。その効果がもしも他の導電性素子14が、第一の導電性素子16がひきつけるのと同時に回転子30を反発するのに有効な反対極性の電位に維持されるならば促進されるであろう。

光偏向装置を付勢するための回路図が第4図に示されている。本発明に従う装置は破線の部分40の中に図式的に示されている。回転子30'は

ここでは接地電位として示される一定の基準電位並びに2つの部分44a及び44bを有するトランジス巻線44の中央部42へ接続されている。そのトランジスの一次巻線46は通常の構造を有する発振器48によつて励起される。二次巻線のセクション44a及び44bの各々は相対的に小さい電流の最大400ボルトのオーダーの電位を与える。そのトランジスは通常の低電位半導体発振回路によつて励起されるように設計され、10:1乃至40:1のオーダーの通昇トランジスが用いられる。最も有効な動作を行なわせるためには発振器48の周波数を装置の回転子の共振周波数に近い周波数にすべきである。2乃至200KHzのオーダーの周波数が好ましい。

半導体プレート部材20はシリコンで作られるのが好ましいが、ゲルマニウム等の材料をその代りに用いてもよい。絶縁プレート部材10はシリコンで形成するのが好ましいが他の材料、例えばガラス等の材料が適当である。もしも両方のプレート部材をシリコンで作るならば、フォトリソグ

ウエハを完全に通してパターンがエッティングされることによつてシリコン・プレート部材20が形成されるまで、エチレンチアミン、カテコール並びに例えば水よりなる異方性食刻剤においてシリコン・ウエハがエッティングされる。

4. 反射表面領域30がクリーニングされ、光反射被覆が付着される。
5. シリコン・プレート部材のいずれか一方の側面上のマスク材が電極もしくはワイヤを取付けるために充分な量だけ除去される。
6. 例えばCr-Auのマスクを用いることによつて、平坦な基板10が約25μmの深さまで第5図(b)に示されるようなパターン状にエッティングされる。
7. 第2図に示されるように2つの電極14及び16がエッティングされた領域内に付着される。
8. ガラス・プレート基板10及びシリコン・プレート部材20が第1図に示されるよう

ラフ・エッティング工程において用いられる二酸化シリコン被覆がそれらのプレート部材の少なくとも一方の上に密接して残され、及び／もしくはそれらプレート部材の特性における差を導電性及び絶縁性材料の間の差に類似させるように差分ドーピングが用いられる。

ねじれスキャナー組立の一例は二個の別個の成分のみで構成され、少なくともその一方はシリコンプレート部材である。それら両方の成分は次のような工程に従つて高い精度のフォトリソグラフ技術を用いることによつて製造される。

1. (100)面に配向されたシリコン・ウエハ(厚さ約1.50μm)が厚さ5000ÅのSiO₂もしくは他の適当なエッティング・マスク材で被覆される。
2. 第5図(a)に示されるパターンが図示されるように配向されマスキング材においてフォトリソグラフ技術によつてエッティングが行なわれる。
3. 出来上つたマスクを用いることによつて、

形態に一体的に結合される。この場合シリコン・プレート部材の表面がその基板部材の表面に隣接しあるSiO₂エッティング・マスク材によつて相互に分離される。

静電的に偏向されるシリコンねじれ回転子部材の動作パラメータは容易に決定される。振動する構造体のねじれ共振周波数は次の式によつて与えられる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{JG}{I(L/2)}} \quad (1)$$

この式においてJはシリコン回転軸の慣性モーメントである。Gはシリコンの弾性の剛性率である。Iはミラーそれ自体の慣性モーメントである。Lはシリコンねじれ回転軸の長さである。

回転軸の慣性モーメントはJ=Kt⁴で表わされる。ここでKは回転軸の断面形態に依存する定数でありtはシリコン・プレート部材(第3図)の厚さである。

第6図は異方性エッティングの結果を示すシリコ

ン・プレート部材 20 の部分的な断面並びにねじ
れバー部 22 もしくは 24 の断面を示す。表面(100)が第6図の上部に示されている。シリコ
ン・プレート部材の厚さ t は破線 60 によつて示
される矩形の幅の $3/4$ である。なおそれはねじ
れバー部の梯形領域とほぼ同じ定数 $K = (0.22)t^4$
を有する。 J/A^2 (A はねじれバー部材の断面
積である)は単純な断面に対しては 0.11 及び 0.
16 の間にあり、梯形に対しては約 0.13 である
ものと推定され、これは $K = 0.24$ に對応する。
次に(1)式が次の式によつて表わされる。

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{12KEt^3}{\rho \varepsilon b^4 (1+v)}} \quad (2)$$

なお上記式において $I = \rho b^4 \cdot t/12$ 、 ρ はシリ
コンの密度 (2.32 g/cm^3)、 $G = E/2$
($1+v$)、そして E はヤング率 (1.9×10^{12}
 dyne/cm^2) 並びに v はボアツソン比率 (0.09) である。

電位の関数としてのねじれミラーの偏向の度合

向角)と比べて小さい。これらの条件のもとにおいて式(4)は次の式によつて表わすことができる。

$$T = \frac{\varepsilon_0 V^2 b^3}{16 d^2} \quad (5)$$

さて、回転軸上のトルク T によつて回転軸における角度的なねじれが生じる。

$$\theta = \frac{T(\ell/2)}{G(Kt^4)} \quad (6)$$

(5) 及び (6)の式を結合することによつて次式が得られる。

$$\theta = \frac{\varepsilon_0 V^2 \ell b^3 (1+v)}{16 K E d^2 t^4} A \quad (7)$$

なお上記式において θ は共振周波数よりずつと低い周波数において $\theta < \theta_{\max}$ であり、 A は面積補正ファクター ($A \sim 0.8$) である。これは能動的な底部電極の面積が島状部 32 付近の丸い隅部及び電極メタライゼーションの欠如によつて

特開昭57-8520(4)
いは共振周波数よりもずつと低い周波数において容易に決定される。回転子における全トルクは単一の電極によつて静電的にひきつけられる回転子の半分に関して歩進的トルクを積分することによつて計算される。

$$T = \int_0^{b/2} F(x) x \, dx \quad (3)$$

この式において、静電力は回転子 30 の底部と電極 14 もしくは 16 との間の距離、 $d(x) = d - \theta x$ によつて決定される。ここで θ は第3図に示されるような回転子 30 の回転角である。

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_0 V^2 b \int_0^{b/2} \frac{x \, dx}{(d - \theta x)^2} \quad (4)$$

$$= \frac{\varepsilon_0 V^2 b}{2 \theta^2} \left[\ln \left(1 - \frac{\theta b}{2d} \right) + \frac{\theta b / 2d}{1 - \theta b / 2d} \right]$$

高共振周波数回転子 ($\geq 10 \text{ KHz}$) に関して Q ファクターは相対的に高く (> 10) 非共振角度変位は $\theta_{\max} = 2d/b$ (ミラーの最大可能偏

回転子の面積の正確に $1/2$ の値に完全に相関しないからである。

そのような振動する構造体の信頼度は最大トルクの点において遭遇する全最大応力に依存する。正三角形の断面を有する回転軸の最大応力は各々の側面の中間点において生じ、それは次式によつて与えられる。

$$\tau_{\max} = \frac{30.8 T_{\max}}{(t')^3} \approx \frac{9.5 T_{\max}}{t^3} \quad (8)$$

この式において t' は三角形の高さ及び t はシリコーンの実際の厚さ ($t \sim 2t'/3$) である。最大トルクは(6)式によつて得られるが $\theta = \theta_{\max} = \frac{2d}{b}$ とすることによつて、

$$\tau_{\max} = \frac{(38) KE}{2(1+v)} \left(\frac{d}{b} \right) \quad (9)$$

を得ることができる。

これは約 $3.0 \times 10^9 \text{ dyne/cm}^2$ に對応する。

最終的に高精度の光学走査装置は非常に低い歪曲を呈する素子を必要とする。これは非常に高速

度の振動ミラー回転子においては重大な問題である。何故ならば動的トルクが角加速度が最大である戻し位置において表面歪曲を生じるからである。その歪曲 δ は次の式によつて与えられる。

$$\delta = (0.226) \left(\frac{\rho}{E} \right) \frac{b^3}{t^2} 2\delta_{\max} t^2 (1-v^2) \quad \text{式}$$

本明細書において示された構造体に関して 63 28 Åにおいて $t = 1.5 \text{ KHz}$ 、 $\delta = 3.0 \text{ nm}$ もしくは約 $1/20$ である。しかしながら更に一般的にはシリコンはねじれミラーとして用いられる通常の材料(石英もしくはガラス)よりも歪曲といふ点に関しては本質的な利点を有することが知られている。即ちシリコンの ρ/E は石英の場合のほぼ $\frac{1}{3}$ である。同じミラー寸法動作パラメータに関して、シリコンは石英の歪曲の約 $\frac{1}{3}$ である。

本発明による光偏向装置の構造それ自体には複数の即ち多重タイプの回転子を用いる実施例を可能にする。第7図は約2倍だけ走査角度を増大させるための複数個の回転子を用いる実施例を示す。

な位置を示す図、第6図はねじれバー部の断面図、第7図及び第8図は2つの回転子を用いる実施例を説明する図である。10…基板、12…環状凹所、14、16…導電性箔子、20…半導体ブレート部材、22、24…ねじれバー部、30…回転子部。

光源72からの光70が第一のミラー表面30によって固定されたミラー74へと偏向され、次にもう一つのミラー表面30'へと偏向される。この場合角度的な偏向及び矢印76によつて示される線型偏向は第一のミラーによつて生じるもの2倍である。

その角度を4倍に増大させるために3個の回転子部材を用いることができる。第8図は複数個の回転子を用いる実施例を示し、回転子は相互に90度の角度をなすように構成されている。これによつてXYスキャン即ちラスター・スキャンを行なうことができる。電極84及び86の有効表面(図示されない)が回転子30の場合と同様に回転子32の下方に配置されるが、リード線は一層便利になるように単に横方向に取出されことに注目されたい。

4. 図面の簡単な説明

第1図及び第2図は本発明の光偏向装置の全体を説明する図、第3図は本発明の装置の断面図、第4図は回路図、第5図はマスクの開孔の相対的

出願人 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

代理人 弁理士 岡 田 次 生
(外1名)

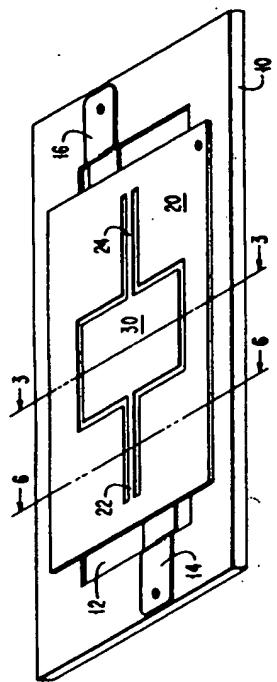


FIG. 1

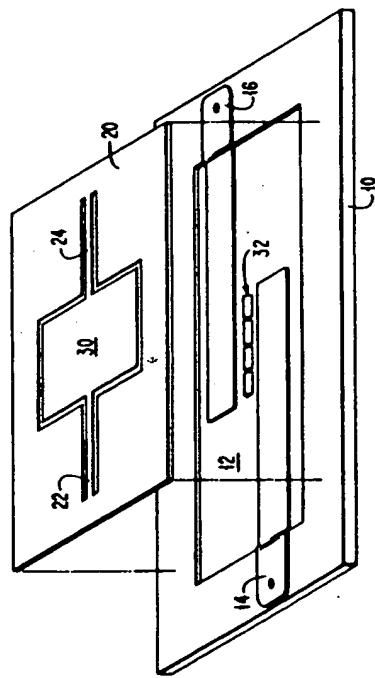


FIG. 2

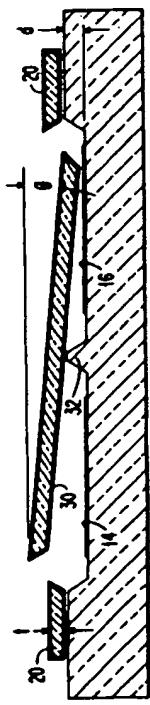


FIG. 3

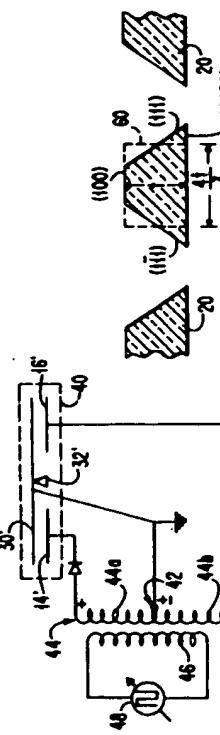


FIG. 4

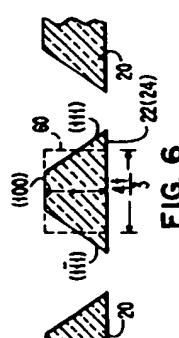


FIG. 5

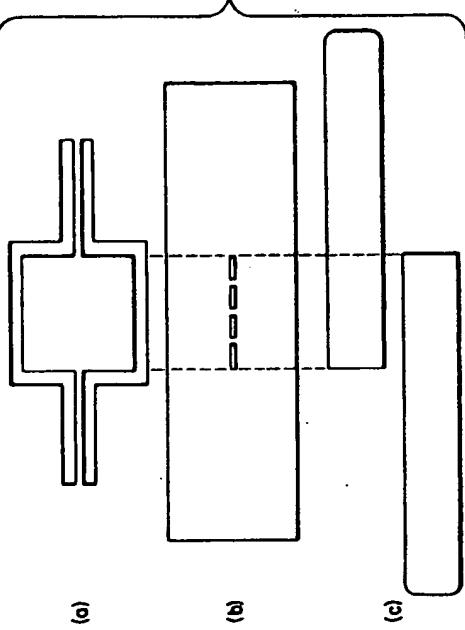


FIG. 6

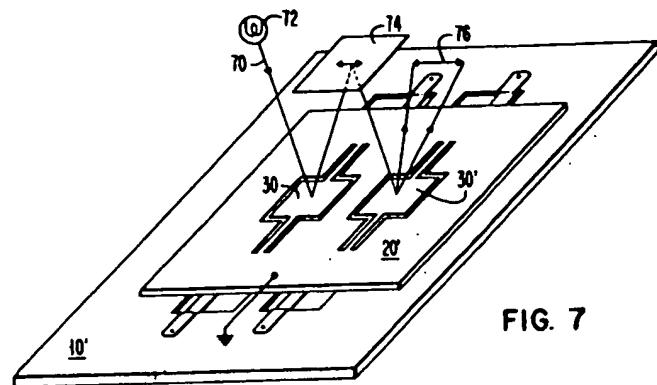


FIG. 7

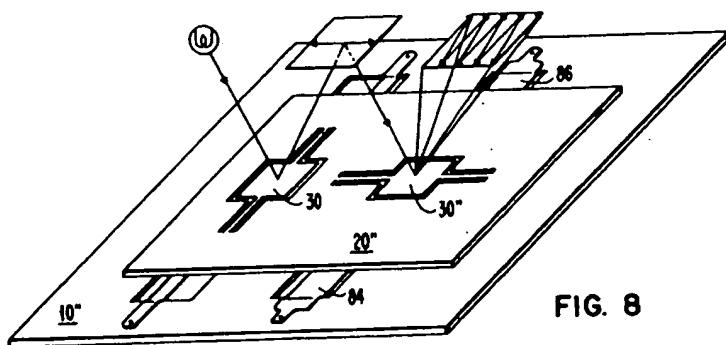


FIG. 8